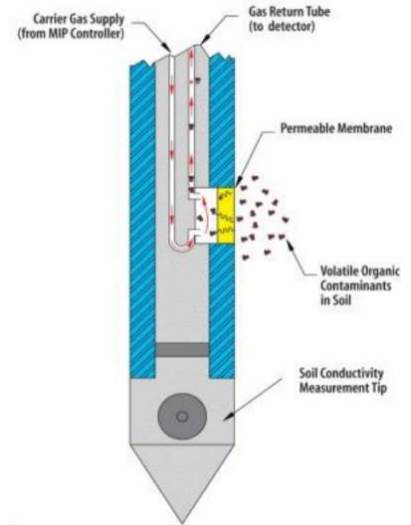


CODE VAN GOEDE PRAKTIJK VOOR HET GEBRUIK VAN
 ALTERNIEVE BODEMONDERZOEKSTECHNIEKEN

Membrane Interface Probe (MIP)

Beschrijving van de techniek

MIP is een systeem voor de detectie en meting van vluchtige organische componenten (VOC's) in de ondergrond. Een MIP meetsonde beschikt over een permeabel membraan dat wordt opgewarmd tot 121 C° terwijl deze de bodem wordt ingeduwd. De in de bodem aanwezige VOC's vervluchtigen door de aangebrachte warmte en diffunderen doorheen het membraan van de sonde. Binnen de sonde worden de VOC's opgepikt door een dragergas. Het dragergas brengt de VOC's naar een bovengronds opgestelde detector. Volgende resultaten kunnen worden afgelezen op een MIP log: bodemtextuur (CPT), elektrische conductiviteit (EC), meetresultaat van de detectoren PID (photo-ionization detector), FID (Flame ionisation), XSD (Halogen Specific Detector) en DELCD (dry electrolytic conductivity), temperatuur binnen de MIP sonde en druk van het dragergas. Indien de HPT (hydraulic profiling tool) sonde bijkomend wordt gebruikt kan ook de hydraulische conductiviteit van een geologische formatie worden bepaald. De verschillende detectoren kunnen alleen of gecombineerd gebruikt worden. Als een grotere graad van specificering vereist is, kan ook ITMS (ion trap mass spectrometer), GC (gaschromatography) of GC/MS (mass spectrometer, zie ook Enissa) gebruikt worden.



ALGEMENE INFORMATIE

A. Bodemcomponenten

De techniek kan toegepast worden voor het onderzoek naar de aanwezigheid van verontreinigingen in volgende bodemcomponenten:

Bodemfase		Opmerkingen
Bodemmatrix	X	De MIP sonde meet de som van alle VOC-componenten in de diverse bodemmatrices
Grondwater	X	
Bodemlucht	X	

B. Geanalyseerde verontreinigingsparameters

Met de techniek kunnen volgende verontreinigingsparameters onderzocht worden:

Verontreinigingsparameter	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
Aromaten(BTEX) ¹	X	X	X	
Gechloroerde solventen (VOCL, Cl-ethen, Cl-ethaan, gechloroerde aromaten) ²	X	X	X	

Verontreinigingsparameter	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
PAK	X	X	X	Beperkt tot dubbele ringen (naftaleen)
Vluchtige KWS (C5-C10) ³	X	X	X	
Minerale Olie (C10-C40)	-	-	-	
Zware Metalen (+Kobalt)	X	X	X	Enkel Hg. Met een aangepaste factor kan Hg(0) ook gemeten worden met MIP
Cyaniden	-	-	-	
LNAPL	X	X	X	
DNAPL	X	X	X	
Andere	X	X	X	VOC's met kookpunt tot ca 200°C en oplosbaarheid <50kg/l. DL te bepalen na feasibility test.

1) PID detectoren worden gebruikt voor de detectie van aromaten (BTEX)

2) ECD, DELCD en XSD detectoren worden gebruikt voor de detectie van gechloroerde en gebromeerde koolwaterstoffen (PCE, TCE, DCE, CCl₄,...)

3) FID detector wordt gebruikt voor petroleum koolwaterstoffen (rechte en vertakte ketens)

C. Terreinkenmerken toepassingsgebied

De alternatieve bodemonderzoekstechniek is toepasbaar bij volgende omgevingskenmerken:

Bodemtype		Opmerkingen
Puin	X	Moeilijk
Zand	X	
Leem	X	
Grind	X	Moeilijk
Veen	X	
Klei	X	
Zandsteen	X	Hangt af van de dikte van de zandsteen
Andere... (leiesteun, metamorf gesteente, krijt)	-	
Hydrogeologische karakteristieken		
Heterogeen en doorlatend	X	
Heterogeen en matig doorlatend	X	
Heterogeen en ondoorlatend	X	
Diepte		
Oppervlakkig	-	
1-5 m-mv	X	Bij beperkte diepte niet altijd meest kostenefficiënte methode
5-10 m-mv	X	
10-15 m-mv	X	
>15 m-mv	X	Afhankelijk van de bodemopbouw. Hoge weerstanden door compactere bodems o.a. compacte zand(steen)lagen, stenen, grind zijn beperkend.
Bodembedekking		
Geen bodembedekking	X	
Klinkers	X	Bodembedekking dient te worden verwijderd. Minimale diameter betonkernboring 120 mm
Kasseistenen	X	
Tegels	X	
Asfalt	X	
Beton	X	
Andere...	X	
Minimale werkdimensie		
Dimensies l x b x h	Standalone: 1m x 1m x werkhoopte boorstang	Dimensies variëren van machine tot machine (kleinste machine 0,6 m breed bij 1,6 m lang en 2,38 m hoog tot de grootste machine 1,3 m breed bij 2,9 m lang en 3,9 m hoog). Indien met een standalone apparaat wordt gewerkt zijn de werkdimensies ongeveer 1m X 1m X de werkhoopte van de boorstang.
Techniek toepasbaar voor verontreinigde zone met:		
Kleine oppervlakte (1-5 m ²)	X	
Medium oppervlakte (5 – 200 m ²)	X	
Grote oppervlakte (>200 m ²)	X	

D. Fysicochemische parameters

Met de techniek kunnen volgende fysicochemische parameters worden geanalyseerd:

Fysicochemische parameters	Bodemmatrix	Grondwater	Bodemlucht	Opmerkingen
pH	-	-	-	
EC	X	X	-	Met EC dipool wordt de EC van de bodem gemeten om een bodemopbouw na te gaan. Er is uiteraard een bijdrage van de EC van grondwater maar totale EC valt doorgaans veel lager uit.
Temperatuur	-	-	-	
Hydraulische conductiviteit	X	X	-	Mits gebruik van de HPT sonde (meestal in sediment of ongeconsolideerde gronden)

E. Werkingsprincipe

De opbouw van de bodem kan met een MIP systeem op verschillende wijzen in kaart worden gebracht. Afhankelijk van de aanbieder zijn verschillende technieken beschikbaar al dan niet als combinatie:

- Een conductiviteitsmeting met behulp van de Wenner-dipool wordt uitgevoerd om de opbouw van de bodem te bepalen op basis van de Elektrische Conductiviteit (EC). De EC is onder meer afhankelijk van de korrelgrootte van de bodempartikels. Over het algemeen kan gesteld worden dat klei een relatief hoge elektrische conductiviteit bezit terwijl zand een lage conductiviteit vertoont. De waarde voor silt en leem ligt hier tussen. Een verandering van de conductiviteit van de bodem betekent steeds een variatie in de bodemkarakteristieken. De conductiviteit wordt beïnvloed door 1) de korrelgrootte, 2) de mineralogie van de bodemdeeltjes, 3) de eigenschappen van de poriënvloeistof.
- Wanneer de sondering wordt uitgevoerd door hydraulisch drukken (zonder hamer) kan met behulp van een CPT sonderconus onder de MIP module de bodem geclassificeerd worden op basis van de plaatselijke kleef en punt weerstand.
- Met behulp van de hydraulische profielings tool (HPT) kan de bodemdoorlaatbaarheid gescreend worden. Deze methode maakt gebruik van een pomp die met constant debiet via een bijkomend membraan een kleine hoeveelheid water (typisch 100-300 ml/min) in de bodem injecteert. De druk hiervoor nodig wordt geregistreerd en is een maat voor de doorlaatbaarheid. Via een empirisch model kan verder een inschatting naar doorlaatbaarheid in m/dag worden bepaald voor bodems met doorlaatbaarheden tussen ca. 0,03 en 25 m/dag.

De gevoeligheid en de detectielimiet van de traditionele MIP-methode voor een component verschilt naar gelang welke detector wordt gebruikt. De meest gebruikte detectoren zijn:

- *“Dry Electrolytic Conductivity Detector”* (DELCD): het principe van de DELCD berust op oxidatie van gechlloreerde koolwaterstoffen waarbij ClO₂ gevormd wordt. Bij hoge temperaturen wordt ClO₂ elektrisch geleidend zodat meting van de geleidbaarheid informatie geeft over het aandeel gechlloreerde koolwaterstoffen in de gasstroom. Bij recentere systemen werd de DELCD detector vervangen door een XSD detector welke een stabielere basislijn geeft;
- *“Photo Ionisation Detector”* (PID): het meetprincipe van de PID-detector is gebaseerd op ionisatie van de moleculen door middel van UV-licht. De ionen welke tijdens de ionisatie van de koolwaterstoffen gevormd worden veroorzaken een elektrische stroom welke opgemeten kan worden met elektroden;
- *“Flame Ionisation Detector”* (FID): ook het principe van de FID berust op ionisatie van de koolwaterstoffen. In tegenstelling tot de PID gebeurt de ionisatie niet door middel van UV-licht maar wel door een vlam. Door opmeten van de elektrische stroom tussen twee elektroden kan een relatieve concentratie bepaald worden.

Voor de detectie van VOCl wordt doorgaans een combinatie van deze drie detectoren gebruikt. Zo zal de FID de aanwezigheid van gechlloreerde koolwaterstoffen en aromatische koolwaterstoffen opsporen. Componenten, zoals BTEX en sommige gechlloreerde koolwaterstoffen (onverzadigde), zoals chloorethenen, met een ionisatie potentiaal kleiner

dan 10,6 eV worden gedetecteerd door PID. De DELCD/XSD is gevoelig voor de aanwezigheid van gechloroerde en gebromeerde verbindingen (e.g. VOCL: PER, TRI, cis-1,2-dichlooretheen, vinyl chloride).

F. Aanvullende informatie

Aanvullende informatie is opgenomen in onderstaande tabel:

Aanvullende informatie	Opmerkingen
Aard van de techniek	Chemisch/fysisch proces
Meetfrequentie / meetsnelheid	75 m per dag kan gesondeerd worden afhankelijk van de bodemtextuur, GC/MS analyses tot 20 stalen/dag.
Tijd nodig om de meetresultaten te bekomen	In situ meting (direct imaging)
Presentatie / visualisatie resultaten	De resultaten worden voorgesteld op MIP logs (omschrijving zie boven)
Ervaringsniveau veldwerker	Expert
Aard van het meetresultaat	Semi-kwantitatief, de initiële resultaten zijn kwalitatief maar kunnen omgerekend worden tot kwantitatieve resultaten uitgedrukt in ppm.
Nauwkeurigheid / Detectielimiet / Meeteenheid	PID detectie range: 0,2 tot 2,0 µg/l FID detectie range: 10 tot 20 µg/l ECD en DELCD detectie range: 0,2 tot 2,0 µg/l XSD detectie range: 0,1 tot 2,0 µg/l
Kostprijs gebruik	+ 3000 tot 5000 € (excl.BTW) per dag inclusief booreenheid, MIP, operator, mob/demob en verplaatsing.

TECHNISCHE VOORSCHRIFTEN

A. Richtlijnen vóór gebruik op terrein

1. Respons test: Response testen moeten uitgevoerd worden
2. Kalibratie: De MIP wordt gekalibreerd door de sonde in te brengen in een zand of water standaard met vooraf gekende concentraties aan VOC's.
3. Intensiteit van gebruik van de alternatieve techniek
 - i. In Brussel en België: Regelmatig gebruik in Vlaanderen, Wallonië en Brussel
 - ii. Verwijzen naar wetgeving in andere regio's, landen: Toegestane techniek mits controle door klassieke meettechnieken

B. Beschrijving werkwijze MIP op het veld

1. Zet de generator aan
2. Open de gascilinders nodig voor het MIP systeem (N₂, H₂, lucht, ...).
3. Zet de gaschromatograaf aan en de detectoren (20 minuten opwarmingstijd).
4. Zet de MIP controller, veldinstrumenten en computers aan.
5. Controleer de aanvoer en afvoer van het dragergas en de druk in de MIP sonde. Vergelijk deze waarden met de waarden van het vorige werk.
6. Start de loggingsapparatuur.
7. Voer de respons testen uit en noteer de piek respons en de reistijd van de verontreiniging.
8. Voer de EC dipool test uit.
9. Noteer de systeemp parameters (debiet, druk, reistijd, detector baseline voltage).
10. Monteer de MIP sonde op het boorstangstelsel.
11. Start het induwen van de sonde vanaf de begindiepte met een snelheid van 30 cm/minuut continu of discontinu afhankelijk van de situatie.

12. Opvolgen membraantemperatuur, dragergasdruk, bodemopbouw en verontreiniging tijdens sonderen of tijdens de direct push.
13. Let op geen kleilagen onder sterk verontreinigde zones te doorboren tenzij deze worden afgesloten m.b.v. grout.
14. Uittrekken MIP stangen, opvullen boorgat, herstellen verharding, opmeten boorlocatie.

C. Richtlijnen na verwerving resultaten

De MIP resultaten moeten getest worden op hun precisie en accuraatheid. Onder precisie wordt de reproduceerbaarheid verstaan van de resultaten onder gelijkaardige omstandigheden. Met accuraatheid wordt de graad van overeenkomst bedoeld met meetresultaten bekomen op basis van traditionele meettechnieken. Controlemetingen aan de hand van klassieke metingen blijven aangewezen.

VEILIGHEIDSVOORSCHRIFTEN SPECIFIEK VOOR DE TECHNIEK

Om de veiligheid van de veldwerkers te kunnen garanderen zijn standaard persoonlijke beschermingsmiddelen bij het gebruik van de alternatieve bodemonderzoekstechniek noodzakelijk. Er zijn verder geen specifieke veiligheidsmaatregelen nodig bij de toepassing van deze techniek.

INFORMATIE VOOR DE GEBRUIKER

A. Leveranciers van de alternatieve bodemonderzoekstechniek (apparaat, product, service, analyses)

MIP sonderingen worden door een waaier van (boor)bedrijven aangeboden: Fugro, Geoprobe, Verbeke, Tauw-Geosan, Bp²,....

B. Bibliografie - Literatuur

Richtlijnen rond MIP evenals interpretatie van de analyseresultaten worden teruggevonden op verschillende websites bv. website van EPA.

Geraadpleegde literatuur:

- Geoprobe Membrane Interface Probe (MIP), Standard Operating Procedure. Jan 2015.
- A permeable membrane sensor for the detection of volatile compounds in soil
- T.M. Christy, 1996, A driveable permeable membrane sensor for the detection of volatile compounds in soil, In Proceedings of the 1996 National Outdoor Action Conference, Las Vegas, Nevada. NGWA, Columbus Ohio.
- Van Keer I., Bronders J., Touchant K., Wilczek D., Application of the Membrane Interphase Probe: An evaluation, Consoil LeS C.1 Sensors, 2008
- D7353-07 ASTM; Standard Practice for Direct Push technology or VOC logging with the MIP.